

PROEFSTATION VOOR DE AKKER- EN WEIDEBOUW  
WAGENINGEN

RONDON DE VRUCHTOPVOLGING

Een samenvatting van de PAW-literatuurrapporten nr. 112 en nr. 229,  
beide getiteld: "Vruchtopvolging-Bouwplan-Organische stof"

Ir. W.G.M. van den Brand

<u>INHOUDSOPGAVE</u>	Blz.
Woord vooraf, door ir. B.H. Olthoff	5
Inleiding	6
Vruchtopvolging in de loop der tijden	7
Huidig bouwplan	7
Invloed van organische stof op de bodemvruchtbaarheid	7
Bemesting met organische meststoffen	9
Stalmest	9
Groenbemesting	9
Compost	10
Stro	10
Organische bemesting en planteziekten	13
Vruchtopvolging en bodemvruchtbaarheid	14
Vruchtopvolging in verband met ziekten en plagen	15
Algemeen	15
Voetziekten in granen	17
Aaltjes	17
Tarwestengelgalmug	18
Allelopathie	18
Eenzijdige graanteelt	19
Braak	21
Vruchtopvolging en onkruiden	21
Tussengewassen	22
Wisselbouw	23
Dekvrucht - ondervrucht	23
Bedrijfsvereenvoudiging	24
Voorvruchtwaarde van landbouwgewassen	25
Vruchtopvolgingsproeven	26

## WOORD VOORAF

Degenen die zich bezighouden met de studie van het akkerbouwbedrijf in zijn geheel, maar ook de gewassenspecialisten komen veelvuldig in aanraking met vraagstukken verband houdende met vruchtwisseling. Dit is voornamelijk een gevolg van het feit dat talloze boeren hun bouwplan vereenvoudigen en in het algemeen van steeds minder gewassen een steeds hoger percentage in hun bouwplan opnemen. In het verleden, en ook nu nog, was en is een bouwplan met veel granen erin (soms tot 80 %) in bepaalde streken van ons land niets ongewoons. Minder gewoon was een hoog percentage rooigewassen (= hakvruchten), zoals men tegenwoordig nogal eens tegenkomt (met zelfs extremen tot 90 %). Dit werpt ook allerlei vragen op. Hetzelfde geldt met betrekking tot het teruglopen van gewassen als vlas, rijpe erwten, graszaad e.d.

Hoewel we in ons land, voorzover mij bekend, in de akkerbouw nog nergens te maken hebben met een eenslagstelsel, d.w.z. één gewas op het hele bedrijf, is dat systeem wel mogelijk, nl. door samenwerking met andere akkerbouwers. Men behoeft dan nog geen monocultuur (= voortdurende teelt van één gewas) te bedrijven, maar kan een aantal gewassen afwisselend telen. Nu de mogelijkheden om een gewas zoveel mogelijk vrij te houden van ziekten en plagen steeds groter worden, kunnen we ons echter de luxe niet meer permitteren niets af te weten van de mogelijkheden van monocultures. Dit geldt speciaal met betrekking tot de aaltjes, waarvan de kennis enorm is vermeerderd. We zien dan ook aan de horizon reeds de grondontsmetting opdoemen. Een en ander werpt talloze vragen op waar men graag een antwoord op zou willen hebben. Vruchetopvolgingsonderzoek is helaas een moeilijke zaak, omdat men de uitkomsten gevonden onder bepaalde omstandigheden niet zo maar mag generaliseren voor andere omstandigheden. Men kan ook zeggen dat de overdraagbaarheid van de resultaten moeilijk is.

In 1962 verscheen van de hand van ir. W.G.M. van den Brand een literatuurrapport over "Vruchetopvolging-bouwplan-organische stof" (PAW-rapport nr. 112, niet meer voorradig). In 1967 is wederom een rapport verschenen onder dezelfde titel (PAW-rapport nr. 229). Op velerlei verzoek is uit dit verzamelde materiaal een samenvatting gemaakt onder de titel "Rondom de vruchetopvolging". We hopen dat velen hier iets aan zullen hebben, vooral ook bij de opzet van toekomstig onderzoek.

Ir. Van den Brand heeft aan een en ander veel tijd besteed. Ik dank hem voor de serieuze wijze waarop hij zich van zijn moeilijke taak heeft gekweten.

Voor op- of aanmerkingen of bepaalde ervaringen houden we ons gaarne aanbevolen.

Het hoofd van de hoofdafdeling Akkerbouw,

Ir. B.H. Olthoff

## INLEIDING

Vruchtopvolging is een nogal gecompliceerd begrip. De literatuur over dit onderwerp blijkt veelzijdig en zeer uitgebreid te zijn. De meeste publikaties die in de twee literatuurrapporten over "vruchtopvolging-bouwplan-organische stof" (en waaraan deze samenvattende Mededeling is ontleend) werden verwerkt, zijn afkomstig van Nederlandse, Duitse en Engelse auteurs.

Doordat bij vruchtopvolging zoveel factoren van invloed kunnen zijn, moet onderzoek op het gebied van vruchtopvolging aan hoge eisen voldoen. Factoren zoals klimaat, grondsoort, onkruidgroei, bodemvruchtbaarheid, bodemgezondheid, kunnen ieder op zich duidelijke invloed hebben op de resultaten van dit onderzoek. Bovendien zijn uit de meeste proeven over vruchtopvolging pas na vele jaren van onderzoek verantwoorde conclusies te trekken (bijvoorbeeld in proeven over het effect van het steeds verbouwen van hetzelfde gewas op dezelfde grond, bij proeven waarin verschillende rotaties met elkaar worden vergeleken). Van vele proeven over vruchtopvolging blijken de omstandigheden waaronder de resultaten tot stand kwamen onvoldoende bekend te zijn. Dergelijke proeven hebben dan ook slechts een zeer betrekkelijke waarde en de resultaten ervan moeten met grote voorzichtigheid gehanteerd worden.

Met de term "bouwplan" zoals deze in de titel van de literatuurstudie voorkomt, wil men aangeven welke gewassen, met van elk gewas de daarbij behorende oppervlakte, er op een bepaald bedrijf (of in een bepaald gebied of land) worden verbouwd. Dit bouwplan is dan uitgangspunt voor het op te stellen vruchtopvolgingsplan.

Dat in de titel van de literatuurstudie het onderwerp organische stof met name is genoemd, houdt o.a. verband met de vraag in hoeverre het toenemend gebruik van steeds zwaardere machines in de landbouw, de voortschrijdende mechanisatie en het eenzijdige gebruik van kunstmest in verschillende akkerbouwgebieden van Nederland, een nadelige invloed zullen uitoefenen op de bodemvruchtbaarheid en het opbrengstvermogen van de grond. De literatuurgegevens met betrekking tot het onderwerp organische stof zijn voor het merendeel ontleend aan Nederlandse publikaties.

Bij de literatuurstudie over "vruchtopvolging-bouwplan-organische stof" zijn economische aspecten met opzet buiten beschouwing gelaten. In de navolgende Mededeling worden dus de diverse aspecten uitsluitend van de technische kant bezien. Ten aanzien van bodemvruchtbaarheidskwesties is alleen gelet op de fysische en biologische (en niet op de chemische) aspecten.

### Vruchtopvolging in de loop der tijden

Lang voordat de kunstmest in de landbouw zijn intrede deed, bestond het bouwplan - en dus ook de vruchtopvolging - doorgaans uit slechts enkele gewassen, vooral op de slechtere (= zand)gronden. Het inschakelen van een braakperiode was toen een algemeen toegepaste maatregel (b.v. in het drieslagstelsel wintergraan-zomergraan-braak). De braakperiode had hierbij o.a. tot doel om de nadelige gevolgen van de vrij eenzijdige vruchtwisseling, zoals de sterke veronkruiding, zoveel mogelijk tegen te gaan. Na het braakjaar volgde vaak een bemesting met stalmest.

Later werd de gewassenkeuze ruimer, vooral toen men gebruik ging maken van kunstmest. De vruchtopvolging kon daardoor veel gevarieerder worden, o.a. door het inschakelen van hakvruchten.

De laatste jaren valt er, als gevolg van het streven naar een rationelere bedrijfsvoering, een duidelijke tendens waar te nemen tot vermindering van het aantal te verbouwen gewassen en vereenvoudiging van het bouwplan. Het zoeken naar een eenvoudiger bouwplan en vruchtopvolging vindt extra stimulans door de thans beschikbare mogelijkheden op het gebied van de chemische bestrijding van onkruiden, insecten en schimmels.

### Huidig bouwplan

In Nederland nam de oppervlakte granen - gerekend in procenten van het totale bouwlandareaal - toe van 53 % in 1950 tot 61 % in 1965. De oppervlakte tarwe + gerst nam in die periode toe van 17 tot 32 %. Het aandeel hakvruchten daalde van 32 % tot 29 %. Men zoekt de vereenvoudiging van het bouwplan vooral in de richting van vergroting van de oppervlakte granen (met name tarwe en gerst) en een vermindering van het aantal hakvruchten en/of handelsgewassen of afschaffing van de peulvruchtenteelt.

### Invloed van organische stof op de bodemvruchtbaarheid

In tegenstelling met wat veelal wordt beweerd blijkt, althans landelijk gezien, dat de voorziening van de grond met organische stof omstreeks 1950 niet geringer was dan omstreeks 1870 (toen de kunstmest zijn intrede deed), en wel als gevolg van de sterk gestegen stalmestproduktie. Daar staat tegenover dat na 1945 de intensievere grondbewerking (vooral bij de teelt van hakvruchten), waardoor de afbraak van de organische stof wordt versneld, en het gebruik van steeds zwaardere machines (die de kans op structuurbederf van de grond groter maken), om een grotere toevoer van organische stof vragen dan vroeger.

Door toevoer van organische stof in de grond, in de vorm van stalmest, groenbemesting, compost, stro e.d., worden de fysische bodemvruchtbaarheid (structuur, waterhuishouding), de chemische bodemvruchtbaarheid (voedings-toestand) en de biologische bodemvruchtbaarheid (organische stof, stikstof-huishouding) in gunstige zin beïnvloed.

Van de door middel van stalmest aangevoerde hoeveelheid organische stof is na enkele jaren ongeveer 80 % niet meer als organische stof terug te vinden in de grond, als gevolg van de biologische afbraak. Dit is de zgn. instabiele humus. Het overige deel van de organische stof - ongeveer 20 % - vormt de eigenlijke of stabiele humus; deze wordt slechts zeer langzaam afgebroken. Dit deel van de stalmest veroorzaakt het langeduuereffect van de organische stof. Het korteduuereffect van een organische meststof berust op de werking van de in de organische meststof aanwezige voedingsstoffen en op de werking van dat deel van de organische stof dat in korte tijd - voornamelijk in het eerste jaar - in de grond wordt afgebroken.

Een bepaalde hoeveelheid organische stof in de vorm van stro of groenbemesting blijkt uiteindelijk een minder grote bijdrage te leveren in de humusvoorziening van de grond dan dezelfde hoeveelheid organische stof, toegediend in de vorm van stalmest.

Als gevolg van bemesting met organische meststoffen kan het produktiepeil van de grond uitkomen boven het peil dat bereikbaar is bij de bemesting met uitsluitend kunstmest. Dit effect van organische meststoffen, het zgn. resteffect, treedt dus doorgaans pas op als de grond via de organische meststof + eventueel aanvullende kunstmest evenveel mineralen heeft ontvangen (via de organische stof plus aanvullende kunstmestgift) als de grond die uitsluitend kunstmest heeft gekregen.

Een grond kan alleen vanwege de daarin aanwezige organische stof een hoeveelheid voor de plant beschikbaar water bevatten die ongeveer gelijk is aan 2 à  $2\frac{1}{2}$  keer het eigen gewicht van de organische stof.

Er blijkt een duidelijke samenhang te bestaan tussen het aantal wormgangen per  $m^2$  grond en de intensiteit van de bemesting van de grond met organische meststoffen. Het feit dat diverse percelen kleigrond in Nederland - vooral de lichtere zavelgronden - momenteel slempgevoelig zijn, is mede toe te schrijven aan het geringere organische-stofgehalte van die kleigrond.

## Bemesting met organische meststoffen

### Stalmest

Veeljarige proeven met stalmest op zandgrond in Nederland toonden aan dat de opbrengst aan aardappelen (knollen) als gevolg van toediening van stalmest aan de aardappelen - 30 ton per drie jaren - plus aanvullende kunstmest, gemiddeld 4 à 5 % hoger was in vergelijking met een optimale minerale bemesting. Ook de granen rogge en haver - als resp. eerste en tweede nagewas bereikten dank zij de stalmestbemesting een opbrengstniveau dat met uitsluitend kunstmest niet bereikbaar was. Ook bij veeljarige proeven op dalgrond werden met stalmest - aangevuld door kunstmest - hogere opbrengsten aan aardappelen en granen verkregen - vooral op oude dalgrond - dan met uitsluitend kunstmest.

Door bij een van de veeljarige proeven op zandgrond ook de invloed van stalmest op de pH van de grond te meten, kon worden vastgesteld, dat stalmest hier beslist geen verzurend effect had.

### Groenbemesting

Uit de gerefereerde publikaties over in Nederland verrichte veeljarige proeven met groenbemesting op kleigrond en zandgrond blijkt dat groenbemesting (aangevuld door kunstmest) de maximaal bereikbare korrelopbrengst bij granen - vergeleken bij het uitsluitend bemesten met kunstmest - duidelijk verhoogde. Aardappelen verbouwd als eerste gewas na groenbemesting reageerden gunstig op een groenbemesting, zowel wat de knolopbrengst als wat de zetmeelopbrengst betreft. Door groenbemesting werd het onderwatergewicht bij aardappelen verlaagd, doch deze verlaging was doorgaans minder sterk dan bij de gerefereerde proeven met stalmest. Bij deze proeven fungeerde op kleigrond als groenbemester doorgaans klaver en Westerwolds raaigras, op zandgrond snijrogge en stoppelknollen. De opbrengsttoename bij het gewas direct volgend na de groenbemester lag bij aardappelen in de orde van grootte van gemiddeld 8 % en bij granen op ongeveer 5 %. Werd alleen de groenbemestingsstoppel ondergeploegd, dan was de opbrengsttoename op kleigrond praktisch nihil en op zandgrond gemiddeld 3 à 4 %.

De invloed van een groenbemester op het eerstvolgend gewas hangt wat betreft het stikstofeffect af van diverse factoren, o.a. van de weersomstandigheden en de lengte van de groeiperiode van het eerstvolgend gewas. Suikerbieten, die een lange groeiperiode hebben, weten beter te profiteren van het N-effect van een groenbemester dan vlas dat een veel kortere groeiperiode heeft.

Blijkens Nederlandse en Duitse onderzoeken heeft groenbemesting ook een positief effect op het organische-stofgehalte van de grond, ofschoon dit effect - uitgaande van gelijke hoeveelheden droge organische stof - minder groot is dan dat van stalmest. Groenbemesting heeft eveneens een gunstige invloed op de structuur van de grond; o.m. vermindert het de slempgevoeligheid. Volgens resultaten van enkele in Nederland verrichte proeven heeft groenbemesting geen invloed op de pH van de grond.

#### Compost

Compost toegediend aan gronden die reeds van nature voldoende voorzien zijn van mineralen inclusief spore-elementen, b.v. jonge zeeklei, heeft doorgaans niet veel invloed op de opbrengst van de hier verbouwde gewassen. Jonge ontginningsgronden - zowel bouwland als grasland - daarentegen blijken aanvankelijk zeer gunstig te reageren op een compostbemesting. Na enkele jaren bemesting met compost wordt het opbrengstverhogend effect echter kleiner of het verdwijnt.

Een geregelde bemesting met compost doet het organische-stofgehalte van de grond toenemen, zodat hier dus een afnemend korteduureffect - dat b.v. op jonge ontginningsgrond duidelijk is aangetoond - vervangen wordt door een geleidelijk toenemend langeduureffect (dit laatste als gevolg van een stijging van het organische-stofgehalte).

Compost blijkt een dusdanig pH-verhogend effect op de grond te hebben, dat dit een langdurig en intensief gebruik van stadsvuilcompost moeilijk, zoal niet onmogelijk maakt.

#### Stro

Stro, dat in vergelijking met stalmest veel minder stikstof bevat (C/N-verhouding in stro is 100 : 1), moet voor het verkrijgen van een voldoende snelle vertering in de grond eerst in vrij korte stukjes gehakseld worden. Dit kort hakselen is thans technisch zeer goed uitvoerbaar.

Het onderbrengen van het stro kan op verschillende manieren gebeuren. Een eenvoudige en tevens goedkope methode is die, waarbij het gehakselde stro als een strodek gelijkmatig over het bodemoppervlak wordt verdeeld, waarna het stro tot aan het op wintervoor ploegen blijft liggen. Voor het verkrijgen van een zo vlot mogelijke vertering moet men het stro echter direct na de oogst door de bovenlaag van de bouwvoor werken. Ook kan men een strobemesting combineren met een groenbemesting (als ondervrucht gezaaid, of pas gezaaid nadat het stro als strodek is uitgespreid of gezaaid nadat



het stro oppervlakkig is ingewerkt). Dit bevordert een vlotte vertering van het stro. Het al of niet combineren met een groenbemesting beïnvloedt uiteraard de manier waarop het stro het best kan worden ondergebracht.

Over het meest gewenste tijdstip van het onderbrengen van het stro bestaan nogal gevarieerde meningen. Een aanbevelenswaardige methode lijkt die waarbij men het stro zo vroeg mogelijk in contact brengt met de grond en het op diepte ploegen zo laat mogelijk geschiedt. Daardoor bereikt men dat de vertering over een zo lang mogelijke periode intensief kan verlopen. Niet te diep onderbrengen (vooral niet op zware grond), b.v. op 5 à 7 cm, bevordert de vertering. Bij gunstige weersomstandigheden - voldoende vochtige grond en voldoende hoge temperatuur - en niet te zware grond is men doorgaans wel verzekerd van een gunstig verlopend verteringsproces.

Tijdens het afbraakproces van het stro in de grond wordt een gedeelte van de in de grond aanwezige stikstofvoorraad tijdelijk vastgelegd (door micro-organismen die het stro afbreken). Als compensatie voor deze stikstofvastlegging moet het onderbrengen van stro gecombineerd worden met een extra stikstofgift, hetzij in de vorm van kunstmest, hetzij in de vorm van een vlinderbloemige groenbemester. Is het eerste gewas dat na een strobemesting wordt verbouwd een peulvrucht, dan is evenmin een extra kunstmestgift nodig. De extra N-gift in de vorm van kunstmest kan men per ha op ongeveer 7 kg per ton stro stellen. Een kalkhoudende N-meststof, zoals kalkstikstof of kalkammonsalpeter, verdient de voorkeur. Volgt na het onderbrengen van stro meteen een wintergewas, dan is doorgaans het advies om de extra stikstof reeds in de herfst te geven. Wordt het eerstvolgend gewas pas in het voorjaar gezaaid, dan kan men de extra stikstof het beste in het voorjaar geven, tegelijk met de gewone stikstofbemesting.

Uit de gerefereerde meerjarige proeven over strobemesting, verricht op niet-zware gronden in Duitsland, Frankrijk en Nederland, blijkt dat ten aanzien van het effect van strobemesting op de opbrengst van gewassen (granen, hakvruchten, erwten) strobemesting in het algemeen niet onder hoeft te doen voor een bemesting met stalmest en zeker niet voor een bemesting met uitsluitend kunstmest, mits strobemesting samengaat met een extra stikstofbemesting. Werd herhaalde malen met stro bemest - dus bij een veeljarige proef - dan bleek het laatste deel van die proefperiode doorgaans betere opbrengsten te geven dan de beginperiode. Bij een veertien-jarige proef op zware kleigrond in Engeland werd na een strobemesting een duidelijk hogere knolopbrengst bij aardappelen verkregen dan na alleen kunstmest; de meeropbrengst was het grootst in het tweede jaar na strobemesting. Ten aanzien

van het effect van het onderbrengen van stro op de opbrengst in vergelijking met groenbemesting viel uit de desbetreffende resultaten van onderzoekingen geen algemene tendens te bespeuren.

Proeven hebben duidelijk aangetoond dat door bemesting met stro het organische-stofgehalte van de grond toeneemt. Bij toevoer van evenveel organische stof in de vorm van stro als in de vorm van stalmest, neemt het organische-stofgehalte bij gebruik van stalmest meer toe dan bij gebruik van stro. Maar door strobemesting wordt de biologische activiteit van de grond, aldus de overheersende mening van de moderne onderzoekers, zeer gunstig beïnvloed en wel gunstiger dan door stalmest.

Sommige onderzoekers zijn van mening dat het wat de invloed van stro op de pH van de grond betreft, geen verschil uitmaakt of men bemest met stalmest dan wel met stro; anderen menen dat stro ten opzichte van stalmest een verzurende invloed heeft op de grond.

Strobemesting behoeft geen nadelige invloed te hebben op het optreden van planteziekten (met name voetziekten) en plagen, mits de vertering van de strostoppel er niet door wordt vertraagd. In verschillende gevallen, waarbij de omstandigheden ten aanzien van de vertering van het stro en de stikstofvoorziening in de grond gunstig waren, had strobemesting een verhoogde weerstand tegen bepaalde ziekten (w.o. de tarwehalmdoder bij tarwe) tot gevolg.

Bij strobemesting blijven meer onkruiden op het land achter dan bij oogsten van het stro. Dit leidt waarschijnlijk niet tot een sterkere uitbreiding van onkruiden in het algemeen, doch hoogstens tot een versterkte uitbreiding van enkele, bepaalde onkruidsoorten. Over een voor de praktijk mogelijk nadelige invloed van strobemesting in verband met aanwezigheid van remstoffen in het stro is nog niets met zekerheid bekend.

Bij proeven op verschillende grondsoorten in Duitsland en Nederland werden op lichtere gronden - zandgrond, leemgrond, zavelgrond - na strobemesting doorgaans grotere opbrengststijgingen bereikt dan op zware grond. Dit is vermoedelijk toe te schrijven aan een minder vlotte vertering van het stro op zware grond.

Na strobemesting vindt de stikstoflevering aan de plant geleidelijker plaats dan na b.v. bemesting met stalmest of na bemesting met uitsluitend kunstmest. Door strobemesting wordt de kans op een geil gewas en legering in het algemeen dan ook minder groot.

Door strobemesting wordt de grond losser en makkelijker bewerkbaar, terwijl op den duur (bij herhaalde strobemesting) de stikstofbehoefte van de grond afneemt. Een strobemesting van één keer in de twee of drie jaren

blijkt in vele gevallen voldoende te zijn (met het oog op het gevaar voor een te losse grond bij te vaak onderbrengen van stro).

Wat betreft de keuze van het eerstvolgend gewas na een strobemesting beveelt men vooral hakvruchten en vlinderbloemigen aan. Wintergranen worden afgeraden.

Op lange termijn gezien heeft een geregelde strobemesting doorgaans een gunstige invloed op allerlei processen in de grond. Dit uit zich - wanneer de vertering van het stro gunstig verloopt - in hogere opbrengsten dan met alleen kunstmest mogelijk zou zijn.

### Organische bemesting en planteziekten

De stand van het onderzoek op het gebied van de invloed die organische bemesting heeft op planteziekten blijkt nog niet zover te zijn, dat men thans een duidelijk beeld kan geven van de betekenis van organische meststoffen ten aanzien van het voorkomen van planteziekten.

In het algemeen kan worden gezegd dat men in de loop der jaren zowel gunstige als ongunstige invloeden van organische bemesting op de aantasting door ziekteverwekkende bodemorganismen heeft waargenomen. Deze invloeden kunnen tot stand komen langs direkte of langs indirecte weg. Een direkte beïnvloeding kan plaatshebben via in de organische meststoffen aanwezige antibiotische stoffen (die de ontwikkeling van ziekteverwekkende bodemorganismen aanmerkelijk kunnen afremmen) en de voedingsstoffen. Een indirecte beïnvloeding van organische meststoffen ten aanzien van het optreden van planteziekten geschiedt o.a. via verbetering van de fysisch-chemische toestand van de grond (verhoging van het organische-stofgehalte) en door het verhogen van de biologische activiteit van de bodem. Laatstgenoemd effect treedt vooral op wanneer met gemakkelijk verteerbare stoffen wordt bemest. De indirecte invloed van organische meststoffen kan evenals de direkte invloed, gunstig of ongunstig voor de pathogene organismen zijn. Voorbeelden van gunstige beïnvloeding zijn: vermindering van aardappelschurft door groenbemesting, afname van zwartbenigheid bij kool door goed gecomposteerde mest. Als voorbeelden van ongunstige beïnvloeding kunnen genoemd worden: bevordering van knolvoet bij kool door stalmest en gier, toename van aardappelschurft door slecht voorverteerde stalmest.

Duitse onderzoekers komen - aan de hand van recente proeven op microbiologisch en vooral fytopathologisch gebied - tot de conclusie dat de ene grond een grotere weerstand biedt aan de ontwikkeling en instandhouding van verschillende ziekteverwekkers dan de andere grond. Eerstgenoemde grond heeft

dan een zgn. hogere antifitytopathogene potentiaal. De antifitytopathogene potentiaal van een bepaalde grond kan voor de ene ziektenverwekker anders zijn dan voor de andere. Bij het nemen van maatregelen ter verhoging van de antifitytopathogene potentiaal van de grond (ter verbetering van de bodemgezondheid) wordt de verzorging van de grond met licht verteerbaar organisch materiaal, b.v. in de vorm van stalmest, groenbemesting, stro, van buitengewoon groot belang geacht. Als voorbeelden van gunstige effecten, door Duitse onderzoekers met organische meststoffen verkregen, kunnen o.a. worden genoemd: bestrijding van de tarwehalmdoder door middel van stalmest en stro, bestrijding van de knolvoetschimmel bij mosterd door stalmest. Over eventueel verkregen ongunstige effecten wordt door genoemde onderzoekers niets gezegd.

#### Vruchtopvolging en bodemvruchtbaarheid

Men kan de vruchtopvolging zien als een middel om de organische-stofvoorziening van de bodem doelbewust te beïnvloeden. Vooral in Duitse publikaties wordt aan deze zienswijze veel waarde gehecht.

Beperken we ons tot de landbouwgewassen verbouwd als hoofdgewas en letten we daarbij alleen op de oogstresten (wortels + stoppels + afgevallen blad), dan blijken klavers, luzerne, gras-klavermengsels (w.o. kunstweide) en meerjarige grassen verbouwd voor zaadteelt, per jaar het meest bij te dragen in de organische-stofvoorziening van de grond. Daarop volgen resp. de granen en de hakvruchten. Vlas en erwten blijken nog minder bij te dragen dan hakvruchten, terwijl koolzaad op dit gebied ongeveer overeenkomt met de groep van de klavers.

Wat de uiteindelijke invloed van de teelt van een gewas op het organische-stofgehalte van de grond betreft (waarbij dus de afbraak van de in de grond aanwezige stof tijdens de periode waarin het betreffende gewas is verbouwd in rekening wordt gebracht) kan men - op grond van Duitse gegevens - zeggen, dat klavers, luzerne en grassen het organische-stofgehalte doen toenemen, granen dit gehalte licht doen dalen, terwijl hakvruchten het organische-stofgehalte vrij sterk doen dalen. Een rotatie opgebouwd uit een hoog aandeel hakvruchten, bij een gering aandeel klavers, luzerne, grassen of gras-klavermengsels (en daarbij ervan uitgaande dat geen gebruik gemaakt wordt van organische bemesting) doet het organische-stofniveau en dus de bodemvruchtbaarheid dalen.

Een ander aspect van de vruchtopvolging met het oog op de bodemvruchtbaarheid is de bodembedekking. Het zo lang en zo intensief mogelijk bedekt

houden van de grond door een gewas heeft een gunstige invloed op de bodemstructuur. In dit opzicht werken hakvruchten dus gunstiger dan granen. Ook tussengewassen hebben in dit verband een nuttige functie, afgezien nog van hun gunstige invloed op de organische-stofvoorziening van de grond.

Het telen van gewassen die een intensieve grondbewerking vragen, brengt het risico met zich van een verslechtering van de bodemstructuur. Dit is b.v. duidelijk merkbaar bij gewassen waarbij de grondbewerking (noodzakelijk in verband met o.a. het maken van een zaaibed, bestrijding van onkruiden, oogstwerkzaamheden) de laatste jaren, vooral bij het oogsten, veel intensiever is geworden, zoals bij aardappelen, suikerbieten. Bovendien versnelt de grondbewerking de afbraak van de organische stof. Vaak gaat intensieve bewerking van de grond samen met intensieve berijding van het land door - vaak zware - machines. De hierbij optredende rijschade betekent weer extra structuurbederf.

#### Vruchtopvolging in verband met ziekten en plagen

##### Algemeen

Een algemeen geldende regel is dat men op hetzelfde perceel niet te vaak hetzelfde of een verwant gewas mag verbouwen. Stoort men zich niet aan deze regel, dan volgt doorgaans een daling van de opbrengst van het te vaak verbouwde gewas. De oorzaak van deze opbrengstdaling is meestal toe te schrijven aan de schade die door bepaalde ziekten (meestal schimmels) of plagen (insekten, aaltjes) aan het gewas is toegebracht.

Met het ene gewas mag men vaker op hetzelfde perceel terugkomen dan met het andere gewas. De zgn. wachttijd of teeltpauze loopt dus voor verschillende gewassen meestal uiteen. Rogge kan men zonder veel risico om het andere jaar op hetzelfde perceel verbouwen (de wachttijd is dan dus één jaar). Vlas daarentegen is veel minder zelfverdraagzaam en behoeft een veel langere wachttijd (van ca. zes jaren). Praktijkervaringen en ook resultaten van vruchtopvolgingsproeven hebben aangetoond, dat de zelfverdraagzaamheid van een bepaald gewas op verschillende plaatsen verbouwd nogal uiteen kan lopen. Dit is o.a. toe te schrijven aan verschil in weersomstandigheden, maar vooral aan verschil in op de grond betrekking hebbende factoren. Een bepaalde grond kan b.v. bij het begin van een proef veel minder zwaar besmet zijn met aardappelcystenaaltjes dan een andere grond; ook kunnen de verbreidingsmogelijkheden voor een bepaalde ziekte of plaag op de ene plaats veel gunstiger zijn dan op de andere, b.v. door verschil in organische-stofgehalte of verschil in pH.

Hierdoor is het te verklaren dat resultaten van vruchtopvolgingsproeven moeilijk overdraagbaar zijn. In de praktijk hangt de eigenlijke wachttijd voor een bepaald gewas dus sterk af van de omstandigheden op het desbetreffende perceel. Het noemen van een bepaalde wachttijd voor een gewas dient daarom slechts als een soort richtgetal te worden opgevat. Bovendien hangt de wachttijd ook samen met het al of niet opnemen van gewassen in de vruchtopvolging, welke waardplant zijn voor dezelfde ziekte als het desbetreffende gewas. Wanneer men uit oogpunt van veiligheid uitgaat van een niet te korte wachttijd - b.v. voor bieten vijf jaren, voor haver vier jaren - dan is dit een geschikt middel om langs biologische weg vruchtopvolgingsziekten en -plagen te voorkomen.

Is een grond zodanig besmet dat bepaalde gewassen daardoor minder goed of zelfs slecht groeien, dan is overschakeling op een beter systeem van vruchtwisseling de meest geëigende methode om de desbetreffende ziekte of plaag (of eventueel andere, op een nog onbekende oorzaak berustende smetstof) te bestrijden.

Naast vruchtwisseling als een natuurlijke of biologische vorm van bodemontsmetting kent men (tot nog toe in hoofdzaak in de tuinbouw toegepast) de kunstmatige bodemontsmetting met behulp van stoom, chemische middelen. Ook toediening van organische stof kan de ontsmetting van de grond stimuleren, vooral indirect door verhoging van de biologische activiteit van de grond. Door toepassing van chemische middelen als een vorm van kunstmatige bodemontsmetting kan de activiteit van bepaalde pathogene organismen in de grond sterk worden afgeremd.

Middelen als chloorpicrine en dibroom-methaan doden vooral aaltjes (daarom nematiciden genoemd); deze kunnen de nadelige gevolgen van eenzijdige vruchtopvolging die tot ophoping van b.v. haver- of aardappelcysten-aaltjes leidt, voor een belangrijk deel wegnemen. Bij proeven op sterk met aaltjes besmette grond werden na toepassing van nematiciden vaak zeer opvallend hoge opbrengsten verkregen. De hoge prijs van deze middelen heeft de animo voor toepassing ervan in de landbouw tot nu toe sterk afgeremd.

In hoeverre een aantrekkelijke prijs een algemeen gebruik van nematiciden in de landbouw mogelijk maakt, zal ook afhangen van de vraag of hier algemene toepassing wettelijk toegestaan zal worden. Naast gevaren voor mens en dier bij het consumeren van voedsel dat mogelijk residues van deze middelen bevat, houdt toepassing van deze middelen ook een achteruitgang in van het microleven en van de wormenstand in de grond.

Bij het opstellen van een vruchtopvolgingsplan dient men er ook op te letten, dat het ene gewas een geschikte voorvrucht is voor het erop volgend gewas. Men kan de zelfverdraagzaamheid van een gewas verbeteren door dit gewas te verbouwen in mengsels met andere gewassen.

#### Voetziekten in granen

Het aanhouden van een vruchtopvolgingsplan met een hoog aandeel granen leidt gemakkelijk tot opbrengstverliezen als gevolg van het optreden van bepaalde aan de bodem gebonden ziekten en plagen in granen, w.o. voetziekten en schade veroorzaakt door het haverocystenaaltje.

Voetziekten in granen treden vooral op bij het veelvuldig verbouwen van tarwe en gerst. De belangrijkste voetziekten zijn de tarwehalmdoder en de oogvlekkenziekte. Er bestaat een duidelijk verband tussen het percentage door de tarwehalmdoder aangetaste tarweplanten en de opbrengst van tarwe. De door voetziekte veroorzaakte opbrengstverliezen bij tarwe kunnen, vooral als gevolg van het optreden van de tarwehalmdoder, hoog zijn. Ook gerst heeft ervan te lijden, doch is duidelijk minder gevoelig dan tarwe. Tot de maatregelen ter bestrijding van voetziekten in tarwe en gerst behoort vooral het verbeteren van de vruchtopvolging (minder granen, vooral minder tarwe en gerst, of bij handhaving van het aandeel granen uitbreiding van de oppervlakte haver ten koste van de oppervlakte tarwe en gerst), vernietiging van onkruiden die tevens waardplant zijn voor voetziekten, vooral kweek, het bevorderen van de afbraak van de graanstoppel, bespuiting met chemische middelen (w.o. het groeiremmingsmiddel CCC).

#### Aaltjes

Een van de belangrijkste veroorzakers van ziekten (vroeger vaak "moeheid" genoemd) die het gevolg zijn van fouten in de vruchtopvolging zijn de aaltjes (nematoden). Voor Nederland betreft dit vooral de groep van de cystenvormende aaltjes, met name het haverocystenaaltje, erwtenocystenaaltje, aardappelcystenaaltje, bietencystenaaltje. Deze aaltjes kunnen sterke opbrengstdalingen teweegbrengen bij resp. granen (vooral haver), erwten, aardappelen en bieten. Ook bepaalde vrijlevende aaltjes, w.o. het geslacht *Pratylenchus*, kunnen bij verschillende landbouwgewassen vruchtwisselingsziekten veroorzaken, o.a. bij granen, vooral op de lichtere gronden.

Voorkoming of bestrijding van door aaltjes veroorzaakte schade is o.a. mogelijk door toepassing van voldoende vruchtwisseling. Het niet of weinig verbouwen van haver biedt echter nog geen zekerheid dat het haverocystenaaltje

geen schade zal veroorzaken, omdat niet alleen door haver, maar ook door rogge en gerst een sterke uitbreiding van het aantal havercystenaaltjes kan plaatshebben. Grondonderzoek op aaltjes kan hierover nadere gegevens verschaffen. Ter voorkoming van aaltjesschade bij bieten (bietenmoetheid) dient men er rekening mee te houden, dat ook kruisbloemigen (w.o. koolzaad, stoppelknollen, bladkool) het aantal bietencystenaaltjes sterk doen toenemen.

Een andere mogelijkheid om aaltjes te bestrijden is het toepassen van nematociden. Door het telen van Tagetes-planten (Afrikaantjes) kunnen bepaalde groepen aaltjes sterk onderdrukt worden, w.o. verschillende Pratylenchussoorten.

#### Tarwestengelgalmug

De laatste jaren heeft de tarwestengelgalmug zich in Nederland sterk weten te verbreiden. Dit is toe te schrijven aan de intensieve graanteelt en aan de vervuiling van verschillende percelen met kweek. De gewassen die het gevoeligst zijn voor dit insect (zomertarwe, zomergerst, wintertarwe) laten ook de sterkste besmetting na. Haver wordt praktisch niet aangetast, wintergerst en winterrogge hebben er weinig last van. Naast de granen fungeren diverse grassen als waardplant, vooral kweek. De bestrijding van de tarwestengelgalmug - waarvan de larven gedurende de winter in de grond overblijven - dient vooral gericht te zijn op het achterwege laten van vatbare gewassen - dus vooral zomertarwe, zomergerst, wintertarwe - en het bestrijden van vatbare onkruiden, vooral kweek. Bovendien kan een perceel besmet worden door aanvliegende muggen afkomstig van naburige percelen. Meestal beperkt zich deze besmetting vanuit aangrenzende gebieden tot de randstroken. Andere bestrijdingsmaatregelen zijn o.m. vroeg zaaien, bespuiting van het gewas met een mengsel van parathion + DDT.

#### Allelopathie

Allelopathie is de wederzijdse beïnvloeding van hogere planten als gevolg van afscheiding van organische verbindingen. In de loop der jaren - vooral na 1945 - is duidelijk geworden dat diverse vruchtopvolgingseffecten die vroeger werden toegeschreven aan allelopathie, in werkelijkheid op andere oorzaken blijken te berusten (b.v. op een tekort aan bepaalde voedingselementen, aantasting door ziekteverwekkers, b.v. aaltjes).

Men heeft de laatste jaren - door toepassing van fijnere bepalingsmethoden - wel diverse organische stoffen kunnen aantonen die door de levende plant afgescheiden werden (vooral door de plantenwortels). De concentratie



van deze organische stoffen was doorgaans echter te gering en hun werkzaamheid te kort van duur om deze stoffen aansprakelijk te kunnen stellen voor met het oog waarneembare groeiremmingen.

Ook is men erin geslaagd om met organische stoffen die uit dode plantenresten waren afgescheiden, in watercultures groeiremmingseffecten op te wekken; deze stoffen bleven in de grond echter zonder uitwerking. In Nederland slaagde men erin om bij vlasplantjes die groeiden in een voedingsoplossing waarin wortels van koolzaad-, suikerbieten-, haver- en aardappelplanten waren gegroeid, de groei te beïnvloeden. Bij proeven in Duitsland gelukte het om bij vlasplantjes, gegroeid in watercultures waar reeds eerder vlasplantjes - tot aan de bloei - waren gegroeid, groeiremmingen te veroorzaken; dit uitte zich in een duidelijke afname van spruitlengte en spruitgewicht. Het gelukte hierbij echter niet om een toxische stof te isoleren die voor deze vlasmoeheid verantwoordelijk kon worden gesteld.

Het is mogelijk dat bepaalde onwerkzame verbindingen die door de plant afgescheiden worden, door micro-biologische omzettingen en afbraak in de grond tot voor de plant toxisch werkende stoffen omgezet. Dit zou dus inhouden dat door planten afgescheiden organische verbindingen langs indirecte weg het navolgend gewas kunnen beïnvloeden.

De betekenis van de allelopathie voor de praktijk is dus - gezien het feit dat het vele onderzoek hierover nog zo weinig duidelijke resultaten heeft opgeleverd - tot nog toe vrij gering te noemen.

### Eenzijdige graanteelt

In verschillende publikaties vindt men gunstig luidende berichten vermeld over praktijkervaringen met eenzijdige graanteelt, o.a. op diverse akkerbouwbedrijven in Oost-Engeland en West-Duitsland. Tarwe en vooral gerst, verbouwd volgens rotaties met meer dan 70 % granen deden hier in opbrengst niet onder voor tarwe en gerst verbouwd op bedrijven met minder intensieve graanteelt. Men mag aannemen dat de milieu-omstandigheden hier buitengewoon gunstig zijn geweest om tot dergelijke resultaten te komen.

Ook werden in verschillende landen (Engeland, Duitsland en Nederland) proeven (doorgaans veeljarige) verricht met eenzijdige graanteelt. In Engeland had vervanging van zomergerst (als voorvrucht voor wintertarwe) door eenjarige kunstweide of door koolzaad voor beweiding of door mosterd voor groenbemesting of door braak in de rotatie zomergerst - wintertarwe - haver-zomergerst, een opbrengststijging van 25 à 32 % bij wintertarwe tot gevolg. In West-Duitsland kon door het verbouwen van granen (gerst kwam hierbij niet

voor) in een rotatie met 50 à 60 % granen in vergelijking met rotaties met 75 % granen, de tarwe-opbrengst niet, doch de haver- en de rogge-opbrengst in de tweede helft van de ruim 20-jarige proefperiode wel (en sterk) stijgen. Bij proeven in Nederland nam door het verbouwen van tarwe in een rotatie met 33 % granen in plaats van 100 % granen - zowel op zware Dollardklei als op lichte zavel in de Wieringermeer - de opbrengst aan tarwe met ca. 6 à 10 % toe; een eveneens gunstig effect werd hier op lichte zavel bereikt met haver. Het verbouwen van zomergerst in een rotatie met 33 % granen in plaats van 100 % granen had op zware kleigrond wel een gunstig effect op de opbrengst, doch niet op lichte zavelgrond.

In verschillende landen, zoals in de USA (Ohio), Engeland (Rothamsted), Frankrijk (Grignon), Oost-Duitsland (Halle), Rusland (Moskou), Nederland (Emmercompasuum, Nieuw-Beerta, Wieringerwerf), kent men proefvelden waarop sinds een aantal jaren (in Rothamsted reeds vanaf 1844) steeds eenzelfde graangewas op dezelfde plaats wordt verbouwd. Uit de resultaten van deze proeven valt op te maken dat de opbrengst dan gaat dalen, doorgaans vooral gedurende de eerste jaren. De daling is, zowel absoluut als relatief, des te sterker naarmate de bemesting (vooral met stikstof) onvollediger is. In sommige gevallen - zoals op het proefveld met "eeuwige roggeteelt" in Oost-Duitsland en op het tarweproefveld in Nieuw-Beerta - zette de daling van de opbrengst (bij een optimale bemesting) pas in na twintig à dertig jaren. Het zonder onderbreking verbouwen van gerst op steeds hetzelfde perceel blijkt tot minder sterke opbrengstdalingen te leiden dan het verbouwen van tarwe op steeds hetzelfde perceel. Gerst lijkt dus minder onverdraagzaam met zich zelf te zijn dan tarwe. Op het in 1878 aangelegde proefveld met monocultuur rogge in Oost-Duitsland was rogge vrij goed verdraagzaam met zichzelf; volgens resultaten verkregen op het in 1912 aangelegde roggeproefveld bij Moskou zou rogge vrij onverdraagzaam zijn met zichzelf. Haver blijkt doorgaans onverdraagzamer te zijn met zichzelf dan tarwe, vooral als het veel last ondervindt van het havercystenaaltje.

Bij proeven in Engeland bracht wintertarwe verbouwd als laatste gewas van de vierjarige rotatie wintertarwe-wintertarwe-zomertarwe-wintertarwe (en welke duidelijk schade ondervond van voetziekten) aanmerkelijk meer op dan wintertarwe verbouwd als vierde gewas in de rotaties haver-wintertarwe-zomertarwe-wintertarwe en wintertarwe-haver-zomertarwe-wintertarwe. Dit resultaat is te verklaren uit het feit, dat naarmate men langer doorgaat met het verbouwen van tarwe in monocultuur, de aantasting door de tarwehalmdoder afneemt.

Bij eenzijdige graanteelt en vooral bij granen verbouwd in monocultuur neemt de stikstofbehoefte van de granen duidelijk toe.

Op de vraag hoe groot het maximaal toelaatbaar aandeel granen in het bouwplan mag zijn, kan moeilijk een algemeen geldend antwoord gegeven worden. Dit aandeel hangt van allerlei factoren af, zoals plaatselijke omstandigheden (b.v. in hoeverre is de grond reeds besmet met ziekten zoals haver-cystenaaltje, voetziekten), de verhouding oppervlakte tarwe + gerst t.o.v. de oppervlakte haver en - voor zandgronden - de oppervlakte rogge.

### Braak

Braak is een teeltmaatregel die vroeger - vooral vóór de invoering van de kunstmest - in de landbouw geregeld werd toegepast, in hoofdzaak voor het verkrijgen van hogere opbrengsten (als gevolg van de versterkte mineralisatie van de bodemstikstof) en als onkruidbestrijdingsmiddel. Door het gebruik van kunstmest is braak als een middel om tot hogere opbrengsten te komen, overbodig geworden. De voordelen van een sterk verminderd onkruidbestand en een verbeterde vruchtopvolging bij toepassing van braak wegen tegenwoordig doorgaans lang niet meer op tegen het verlies van een volledige oogst. Verbetering van de vruchtopvolging is ook te bereiken door in plaats van braak een gewas te verbouwen dat tot nu toe geen of slechts een bescheiden deel van het bouwplan uitmaakte, terwijl voor een effectieve onkruidbestrijding thans braak zeker niet het enige afdoende middel is. Mogelijk geldt dit laatste nog wel voor percelen die zeer zwaar besmet zijn met moeilijk chemisch te bestrijden grasachtige onkruiden, zoals wilde haver, kweek.

### Vruchtopvolging en onkruiden

Onkruiden kunnen op verschillende manieren de opbrengst van cultuurgewassen nadelig beïnvloeden: door onttrekking van licht, plaatsruimte, vocht en voedsel aan het cultuurgewas en het overbrengen van ziekten en plagen (voor die onkruidsoorten die tevens waardplant zijn voor bepaalde ziekten en plagen, b.v. kweek; deze is waardplant zowel voor voetziekte in granen als voor de tarwestengelgalmug). Bovendien bemoeilijken onkruiden de werkzaamheden bij de teelt van de gewassen (b.v. het opeenzetten van bieten, het oogsten).

Eenzijdige vruchtopvolging leidt tot eenzijdige ophoping van bepaalde onkruidsoorten. Een goede vruchtwisseling daarentegen kan een krachtig werkende, voorbehoedende maatregel worden genoemd op het gebied van de onkruidbestrijding.

De nieuwe vindingen van de laatste jaren hebben de mogelijkheden van een effectieve chemische onkruidbestrijding in diverse landbouwgewassen sterk verruimd. Dit maakt het mogelijk om de onkruidbestrijding bij granen thans niet zozeer meer als een probleem te zien. Omdat eenzijdige graanteelt kan leiden tot ophoping van bepaalde monocotyle onkruiden (kweek, wilde haver, duist, windhalm) en deze onkruiden in granen nog moeilijk chemisch te bestrijden zijn, is het aanhouden van een vruchtopvolgingsplan met een groot aandeel granen echter ook uit oogpunt van onkruidgroei af te raden.

Een al te gemakkelijk grijpen naar chemische middelen ter bestrijding van onkruiden, ziekten en plagen, houdt het gevaar in dat men beproefd gebleken cultuurmaatregelen, zoals vruchtwisseling, gaat veronachtzamen. Dit afgezien nog van de risico's die het steeds toenemend gebruik van chemische middelen (waarvan er vele zeer giftig zijn) voor de gezondheid van mens en dier inhouden.

#### Tussengewassen

Is het verbouwen van een tussengewas in de eerste plaats bedoeld als een middel om de bodemvruchtbaarheid en de bodemgezondheid te verbeteren, dan komt het er vooral op aan een tussengewas te kiezen dat uit oogpunt van ziekten en plagen een zo gunstig mogelijk effect heeft op de erna te verbouwen hoofdgewassen en dat duidelijk bijdraagt tot een verbetering van de organische-stofvoorziening en de structuur van de grond (dit laatste - de structuurverbetering - o.a. door het langer bedekt houden van de grond als gevolg van het telen van een tussengewas). Men dient daarbij een tussengewas te kiezen dat niet vatbaar is voor die ziekten of plagen waar nogal vaak verbouwde hoofdgewassen gevoelig voor zijn, b.v. bladkool in een rotatie met vaak bieten.

Tussengewassen kunnen (gezaaid onder dekvrucht of gezaaid in de stoppel) daarom een duidelijk gunstige bijdrage leveren tot verbetering van de bodemvruchtbaarheid en de bodemgezondheid, ook wanneer de bovengrondse massa geoogst wordt (zoals vaak op de gemengde bedrijven gebeurt). Proeven en praktijkervaringen, o.a. in Nederland en Duitsland hebben dit duidelijk aangetoond. Vooral als het aantal hoofdgewassen afneemt en het bouwplan dus eenvoudiger wordt, kan het inschakelen van tussengewassen van des te meer betekenis worden.

### Wisselbouw

Bij wisselbouw wordt - perceelsgewijs gezien - akkerbouw afgewisseld met één of meer jaren weidebouw (kunstweide). Resultaten van wisselbouwproeven - in Engeland en Nederland - tonen aan dat door het inschakelen van kunstweide in een akkerbouwrotatie, de maximaal bereikbare opbrengsten van de bouwlandgewassen niet of slechts zeer weinig kunnen worden verhoogd. De hogere opbrengsten die in de praktijk vaak worden bereikt bij bouwlandgewassen verbouwd na kunstweide, zijn toe te schrijven aan een verhoging van het organische-stofgehalte, een verhoging van het stikstofgehalte van de grond (vooral op wisselbouwbedrijven in Engeland), verbetering van de fysische toestand van de grond (o.a. de structuur), verminderde concurrentie voor onkruiden, verbetering van de bodemgezondheid (minder last van ziekten en plagen). Geen van deze afzonderlijke effecten is specifiek voor kunstweide.

Wisselbouw lijkt het beste op z'n plaats op gemengde zandbedrijven. Hier krijgt de akkerbouwperiode (met doorgaans eenzijdige graanteelt en af en toe aardappelen) een gunstige onderbreking in de vorm van kunstweide, waarvan de opbrengst is bestemd voor het op het bedrijf aanwezige vee. Op gemengde bedrijven met zware kleigrond, b.v. in rivierkleigebieden, is de moeilijke grondbewerking vaak een rem op het geregeld scheuren en weer in grasland leggen van de grond. Wisselbouw kan ook hier op diverse percelen waar jaren achtereenvolgens niets dan alleen graan wordt verbouwd (met vaak veel wilde haver en duist), uitkomst bieden.

### Dekvrucht - ondervrucht

De intensievere grondbewerking en berijding van het land door steeds zwaardere machines maken vaak een verhoogde organische-stoftoevoer aan de grond gewenst, b.v. in de vorm van groenbemesting.

Enerzijds dwingt de verminderde belangstelling voor de teelt van vlas en erwten (beide uitstekende dekvruchten) de boer, nog meer dan vroeger, gebruik te maken van granen als dekvrucht voor groenbemesters; bovendien is, door het later oogsten van de granen als gevolg van het maaidorsen, de mogelijkheid om met succes een groenbemester als stoppelgewas te zaaien kleiner geworden. Anderzijds maakt het toenemend gebruik van de maaidorser bij de graanoogst het verbouwen van een ondervrucht in granen minder aantrekkelijk, vooral als het ondervruchten betreft in de vorm van hoog opschietende klavers. Dit bezwaar kan voor een groot deel ondervangen worden door als ondervrucht de voorkeur te geven aan een kortblijvende klaver

(b.v. witte of hopperupsklaver) of grassen (b.v. Italiaans raaigras), door de ondervrucht iets later te zaaien dan normaal gebruikelijk is, of door het maaien van een langere graanstoppel.

De kans om onder granen een goed geslaagde groenbemester te verbouwen kan men vergroten door te zorgen voor een niet te zwaar hoofdgewas en door verruiming van de plantafstand van de dekvrucht. Uit proeven is gebleken dat op vruchtbare gronden verruiming van de rijenafstand bij wintertarwe van 22 à 25 cm tot 33 cm (in combinatie met een evenredige vermindering van de zaaizaadhoeveelheid per ha) praktisch geen merkbare oogstderving tot gevolg heeft.

### Bedrijfsvereenvoudiging

Het streven om tot een efficiëntere bedrijfsvoering te komen uit zich o.m. in een vermindering van het aantal te verbouwen gewassen, hetgeen tot gevolg heeft dat de vruchtopvolging eenzijdiger wordt. De grotere mogelijkheden van tegenwoordig op het gebied van de chemische bestrijding van onkruiden, ziekten en plagen stimuleren dit streven naar vereenvoudiging van het bouwplan.

In verreweg de meeste gebieden in Nederland waar het bouwplan sterk naar eenzijdigheid neigt, is dit het gevolg van een uitbreiding van de oppervlakte granen (vooral tarwe en gerst) ten koste van gewassen zoals aardappelen (o.a. in rivierkleigebieden), voederbieten (zandgronden), peulvruchten. Het gevaar voor eenzijdigheid in de richting van andere dan graan- gewassen komt veel minder voor, b.v. een te uitgebreide hakvruchtenteelt als gevolg van een toegenomen belangstelling voor aardappelen en suikerbieten (o.a. in de Noordoostpolder).

Bij te eenzijdige graanteelt dreigen vooral gevaren voor ziekten (voetziekten) plagen (havercystenaaltje, tarwestengelgalmug) en onkruiden (vooral grasachtige). Bij te eenzijdige hakvruchtenverbouw zijn het vooral de gevaren voor plagen (aardappelcystenaaltje, bietencystenaaltje) en voor achteruitgang van de organische-stofvoorziening die de aandacht vragen. Uitbreiding van de hakvruchtenteelt ten koste van de granen betekent daarom een afnemende mogelijkheid tot verbouw van tussengewassen, een versnelde afbraak van de organische stof in de grond en een verminderde inbreng van organische stof in de vorm van wortels en stoppels.

Bij een te eenzijdig bouwplan blijft het moeilijk om de daardoor ontstane vergroting van de gevaren voor bepaalde ziekten en plagen afdoende te ondervangen. Door het vaker opnemen van bijzondere teelten - zoals koolzaad,

graszaden - gecombineerd met het zo veel mogelijk inschakelen van tussen-gewassen of kunstweiden wordt aan deze gevaren voor een meer of minder groot deel tegemoet gekomen. Bij eenzijdige hakvruchtenteelt dient men ook aandacht te schenken aan de teelt van gewassen die veel organische stof achterlaten, zoals graszaden.

Veronkruiding van het land met grasachtige soorten ten gevolge van een te eenzijdige graanverbouw kan o.a. bestreden worden door het vaker verbouwen van hakvruchten en inschakeling van kunstweiden.

#### Voorvruchtwaarde van landbouwgewassen

Met voorvruchtwaarde van een gewas wordt als regel de invloed aangeduid van dat gewas op de bodemvruchtbaarheid.

De waarde van een gewas als voorvrucht wisselt met het gebied en het jaar. Hoe slechter de milieu-omstandigheden voor een gewas zijn, des te belangrijker wordt de betekenis van een goede voorvrucht. Dus hoe zwaarder men bemest - waardoor men de milieu-omstandigheden verbetert - des te minder het effect van de voorvrucht tot uiting komt. Vandaar dat b.v. aardappelen, die dikwijls stalmest krijgen, doorgaans niet zo sterk op de voorvrucht reageren.

De betekenis van een gewas als voorvrucht wordt in het algemeen niet alleen bepaald door zijn effect op de bodemvruchtbaarheid. Ook speelt hierbij een rol de invloed die het gewas heeft op de bodemgezondheid (ziekten, plagen), de onkruidontwikkeling, het tijdstip waarop de voorvrucht het veld verlaat.

Dat men in de praktijk nogal eens tegenstrijdige ervaringen heeft opgedaan met de kwaliteit van verschillende voorvruchten is vaak mede te verklaren uit verschillen in stikstofrijksdom van de grond of uit verschillen in stikstofbemesting van het nagewas.

Het ene soort gewas laat meer oogstresten in de vorm van wortels (of wortelresten) en stoppels op het land achter dan het andere soort gewas. Naarmate de minerale bemesting - vooral met stikstof - van een gewas beter en z'n opbrengst hoger is, neemt ook de hoeveelheid oogstresten toe, hoewel minder sterk dan de hoeveelheid bovengrondse delen. Bij een normale vruchtopvolgving wordt er jaarlijks per ha ongeveer 1000 tot 2000 kg droge stof in de vorm van oogstresten aan de bodem toegevoegd. Deze wijze van organische-stofvoorziening van de grond (ca. 95 % van de plantaardige droge stof is organische stof) is in vergelijking met toevoer van organische stof via bemesting, van doorslaggevende betekenis voor de bodemvruchtbaarheid.

Reeds tijdens de groei en de afrijping van het gewas wordt er een hoeveelheid organische stof vanuit de plant naar de grond afgevoerd; deze hoeveelheid neemt toe naarmate de totale hoeveelheid gevormde organische stof toeneemt. De hoeveelheid organische stof die via het gewas direct aan de bodem ten goede komt is dus groter dan die welke na de oogst in de vorm van oogstresten (wortels, stoppels) wordt aangetroffen.

Bij granen blijft per 5 cm langere stoppel ongeveer 350 kg droge organische stof per ha meer aan oogstresten op het land achter.

Bij het ouder worden van meerjarige gewassen blijkt de wortelproduktie sterk toe te nemen. Bij b.v. eenjarige luzerne bedraagt de produktie aan droge organische stof in de vorm van wortels + stoppels ongeveer 2700 kg per ha (in een bouwvoor van 20 cm) en bij driejarige luzerne ongeveer 6500 kg.

Bemestingsgewoonten bij bepaalde gewassen beïnvloeden mede de voorvruchtwaarde van die gewassen. In Duitsland blijken b.v. aardappelen en bieten alleen dan een goede voorvruchtwerving te hebben als ze met stalmest worden bemest. Zonder stalmest is hier de voorvruchtwaarde van aardappelen matig en die van bieten zelfs slecht.

#### Vruchtopvolgingsproeven

In de loop der jaren zijn in meerdere landen proeven verricht waarbij verschillende vruchtwisselingssystemen werden vergeleken, of waarbij werd nagegaan welke combinaties van telkens twee gewassen (zgn. vruchtopvolgingsparen) zo goed bij elkaar passen dat ze vlak na elkaar kunnen worden verbouwd, of waarbij het effect van het vaak of het steeds verbouwen van een bepaald gewas op hetzelfde perceel is nagegaan. De resultaten van deze proeven hebben doorgaans slechts zeer beperkte algemene geldigheid, daar ze sterk beïnvloed zijn door de plaatselijke omstandigheden. Bovendien is het gewenst, teneinde zo waardevol mogelijke resultaten te verkrijgen, om bij dergelijke proeven te streven naar een optimale mineralenvoorziening van de grond. Daarom dient men bij vruchtopvolgingsproeven van stikstoftrappen gebruik te maken. Bij verreweg de meeste - vooral buitenlandse - proeven op het gebied van de vruchtopvolging ontbreken deze N-trappen echter, terwijl er meermalen aan getwijfeld moet worden of er ook in voldoende ruime mate in de behoefte van de plant aan andere mineralen (P.K.) is voorzien. Vandaar dat in het navolgende van slechts enkele vruchtopvolgingsproeven, betrekking hebbend op een lange proefperiode of een groot aantal proefvelden, resultaten worden aangehaald. Bij geen van die proeven echter is gebruik gemaakt van stikstoftrappen.



Bij proeven in Rusland (op podsolgrond) deden aardappelen gedurende de periode 1912 tot 1960 in monocultuur verbouwd, in opbrengst weinig onder voor aardappelen verbouwd in afwisseling met andere gewassen. Dit gold ook voor het gedeelte van het proefveld dat nooit werd bemest. Aardappelen waren hier zelfverdraagzamer dan rogge en gerst, waarschijnlijk doordat de grond waarin de aardappelen werden verbouwd, niet besmet was met het aardappelcystenaaltje.

In Engeland - Rothamsted - werden (op zware kleigrond) van 1876 t/m 1901 steeds aardappelen op hetzelfde perceel verbouwd. In de loop van deze proefperiode kon opbrengstdaling niet worden voorkomen, ook niet op de zwaarst bemeste gedeelten. In de periode 1888 t/m 1901 was de opbrengst, gerekend over alle tien bemestingsobjecten, gemiddeld 45 % lager dan die in de periode 1876 t/m 1881. De geringste daling - 25 % - werd geconstateerd op het gedeelte dat stalmest (jaarlijks 35 ton per ha) ontving, aangevuld met N + P-kunstmest.

Bij veeljarige proeven in Oost-Duitsland bleek de opbrengst aan winter-tarwe verbouwd in een rotatie met 60 % bladvruchten en in een rotatie met 50 % bladvruchten, duidelijk hoger te zijn dan de opbrengst aan wintertarwe verbouwd in een zoveel mogelijk dezelfde rotatie doch met slechts 40 % bladvruchten (en dezelfde voorvrucht).

Uitgebreide onderzoeken in Oost-Duitsland wezen uit dat een rotatie met als gewasvolgorde bladvrucht-bladvrucht-halmvrucht-halmvrucht (zgn. dubbele vruchtwisseling) duidelijk produktiever is dan een rotatie met als gewasvolgorde bladvrucht-halmvrucht-bladvrucht-halmvrucht (zgn. enkelvoudige vruchtwisseling).